

***Е. Э. Орлова, А. А. Коренев, С. М. Илларионова, С. В. Гриб\****

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

\**s.v.grib@urfu.ru*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *С. В. Гриб*

## СТРУКТУРА И ТЕКСТУРА В ПРУТКАХ МОДИФИЦИРОВАННОГО СПЛАВА VST3553

Методом ДОО исследована структура сплава VST3553, дополнительно легированного оловом и цирконием, после горячей прокатки в  $(\alpha+\beta)$ -области и последующего отжига. Показано влияние процессов возврата и рекристаллизации на формирование зеренной, субзеренной структуры и текстуры сплава по сечению прутка.

*Ключевые слова:* текстура, структура, титановый сплав, горячая деформация, отжиг.

***E. E. Orlova, A. A. Korenev, S. M. Illarionova, S. V. Grib***

## STRUCTURE AND TEXTURE IN THE ROD OF MODIFIED ALLOYS VST 3553

The structure of VST3553 alloy with tin and zirconium was studied by means of *EBSD* analysis. The alloy was subjected to hot rolling in the  $(\alpha + \beta)$ -region and subsequent annealing. The influence of the recovery and recrystallization on the grains/subgrain structure and texture formation through the cross section of the rod was shown.

*Keywords:* texture, structure, titanium alloy, hot forming, annealing.

С целью замены стальных крепежных деталей на изделия, полученные из титанового сплава, как более легкого и прочного материала, на ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» был разработан и получен в виде прутка диаметром 18 мм дополнительно легированный цирконием и оловом сплав VST3553, у которого алюминиевый эквивалент составил

4,7 %. На заключительной стадии изготовления прутка использовали горячую деформацию в  $(\alpha+\beta)$ -области. Одним из важных факторов, определяющих комплекс механических свойств сплава после различных режимов термического и деформационного воздействия, является его структура. Поэтому необходимо знать закономерности ее формирования в исходном, после горячей деформации, состоянии и при последующем нагреве (т. к. для получения высоких прочностных свойств после

деформации применяют упрочняющую термическую обработку (закалка и старение)).

Основным методом исследования являлся метод анализа картин дифракций обратнорассеянных электронов (ДОЭ). В ходе анализа ориентационных карт сплава после горячей прокатки было установлено формирование неоднородной структуры, что является следствием неоднородности деформации и температурного поля по сечению прутка. Так, в сильнодеформированной поверхностной зоне прутка активно протекают процессы полигонизации и первичной рекристаллизации, о чем свидетельствуют развитая сетка субграниц и появление колоний мелких (не более 5 мкм) недеформированных зерен эллипсоидальной формы преимущественно около границ исходных деформированных сильно вытянутых по направлению прокатки  $\beta$ -зерен. Вытянутая форма новых зерен обусловлена их образованием в ходе пластической деформации.

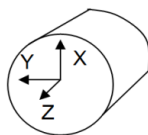
В центральной области прутка вследствие меньшей степени деформации  $\beta$ -зерна имеют менее искаженную форму, в отдельных зернах наблюдаются объемы свободные от субграниц. Недеформированные  $\beta$ -зерна формируются более крупными (до 9 мкм), в них отсутствует выраженная субструктура. Вероятно, меньшая скорость охлаждения центральных объемов прутка, по сравнению с поверхностными, способствует более полному протеканию процессов полигонизации и рекристаллизации (подростание субзерен и недеформированных  $\beta$ -зерен).

Проведение последующего отжига при 770 °С в течении 8 часов способствует завершению первичной рекристаллизации в поверхностных объемах прутка и развитию собирательной – в центральной его части. Следствием этого является отсутствие деформированных  $\beta$ -зерен и разнотекстурность по сечению прутка – размер  $\beta$ -зерна варьируется от 10 мкм в области края до 20 мкм в центральной области прутка.

Анализ карт распределения текстурных компонент горячедеформированного сплава позволил установить, что поверхностные объемы прутка характеризуются рассеянной, близкой к аксиальной, текстурой, в которой можно выделить две компоненты:  $\langle 110 \rangle$  и  $\langle 100 \rangle$  (рис. 1 а, б). При смещении к центру прутка рассеяние текстурных компонент уменьшается. Текстура  $\langle 100 \rangle$  приобретает ограниченный характер –  $\{100\}\langle 001 \rangle$ . Проведение отжига способствует усилению текстурной компоненты  $\langle 110 \rangle$  в поверхностных объемах прутка и получению двухкомпонентной ограниченной текстуры в центральных областях прутка – текстуры куба  $\{100\}\langle 001 \rangle$  и ребровой текстуры с разворотом по оси Z  $\{112\}\langle 110 \rangle$  (рис. 1 в).

Малая доля первичной  $\alpha$ -фазы, зарегистрированная методом ДОЭ (не более 2 %) в горячедеформированном сплаве, не позволила однозначно интерпретировать ее текстурное состояние. Проведение отжига способствовало получению более крупных равноосных частиц  $\alpha$ -фазы, что

позволило улучшить ее распознавание методом ДОО (доля  $\alpha$ -фазы составляет не более 10 %) и выделить основные текстурные компоненты. В поверхностных объемах прутка текстура близкая к аксиальной: призматические плоскости  $\{10\bar{1}0\}$  перпендикулярны оси Z. В центре прутка можно выделить две компоненты: плоскости  $\{11\bar{2}0\}$  перпендикулярны оси Z и оси Y(X).



Z – направление деформации

a

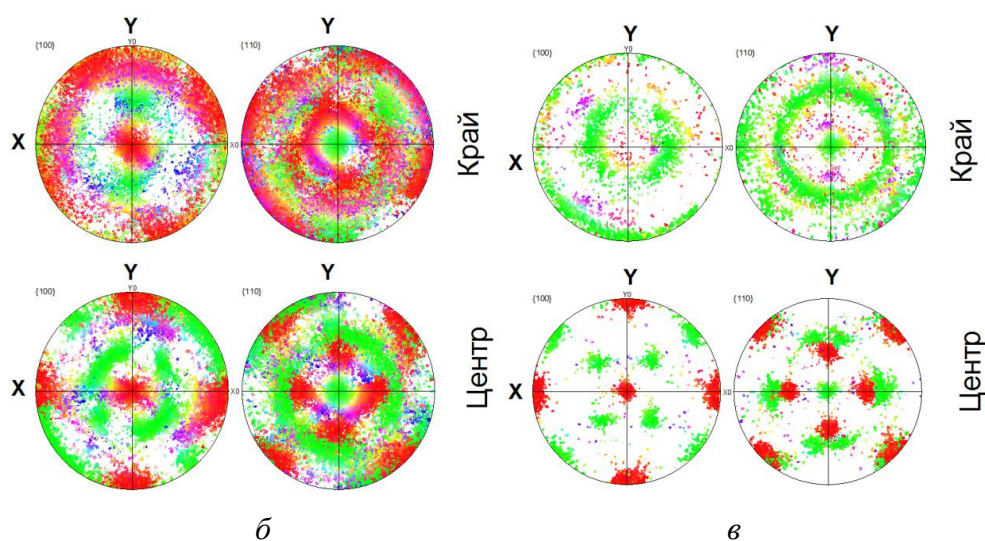


Рис. 1. Схема расположения осей координат по отношению к исследуемой плоскости прутка модифицированного сплава VST3553 методом ДОО (a) и прямые полюсные фигуры  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  для сплава после горячей деформации (б) и последующего отжига (в)

Таким образом, установлено, что неоднородность деформации и температурного поля приводит к разной степени развития процессов возврата и рекристаллизации по сечению прутка и, как следствие, к неоднородности структуры. Проведение отжига при температуре 770 °С в течение 8 ч способствует завершению первичной рекристаллизации в поверхностных объемах и началу собирательной рекристаллизации в центральных объемах прутка. Установлено, что происходит формирование ограниченной двухкомпонентной текстуры  $\{100\}\langle 001 \rangle$  и  $\{112\}\langle 110 \rangle$ , степень рассеяния которой уменьшается по мере развития процесса рекристаллизации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проектной темы (госзадание № 11.1465.2014/К).*